

【書類名】 特許願

【整理番号】 173522

【提出日】 平成12年10月31日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01R 15/04

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
 会社内

 【氏名】 浜田 英伸

【特許出願人】

 【識別番号】 000005821

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100062144

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 青山 葆

【選任した代理人】

 【識別番号】 100086405

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 河宮 治

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 013262

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9602660

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年10月31日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-333106

出 願 人

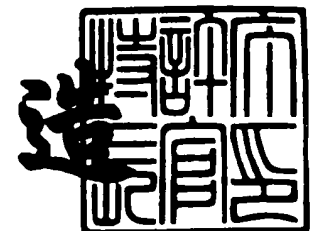
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2001年 5月11日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



特 2 0 0 0 - 3 3 3 1 0 6

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光デバイス

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ファイバーのある一定の区間において、光軸に対して垂直に光ファイバーのコアをほぼ貫通するような複数の柱状の物質を有する機能部を備え、前記複数の柱状の物質は、光ファイバーのコアの屈折率と異なる屈折率を有し、互いに平行にある一定の間隔で分布していることを特徴とする光デバイス。

【請求項 2】 前記柱状の物質は、光ファイバーのコアだけでなくクラッドも貫通していることを特徴とする請求項 1 記載の光デバイス。

【請求項 3】 光ファイバーのある一定の区間において、光ファイバーの光軸に対して垂直に光ファイバーのコアをほぼ貫通するような複数のホールを有する機能部を備え、前記複数のホールは、互いに平行にある一定の間隔で分布していることを特徴とする光デバイス。

【請求項 4】 前記複数のホールは、光ファイバーのコアだけでなくクラッドも貫通していることを特徴とする請求項 3 記載の光デバイス。

【請求項 5】 前記複数のホールに、前記光ファイバーのコアの屈折率と異なる屈折率を有する物質が充填されていることを特徴とする請求項 3 または 4 記載の光デバイス。

【請求項 6】 光ファイバーのある一定区間において、光ファイバーの光軸に対して垂直に光ファイバーのコアをほぼ貫通するような複数の第 1 のホールを有する第 1 の機能部と、

光ファイバーの光軸に対して垂直に光ファイバーのコアをほぼ貫通するような複数の第 2 のホールを有する第 2 の機能部とを備え、

前記複数の第 1 のホールは、互いに平行に一定の間隔で分布しており、前記第 1 のホールには、光ファイバーのコアと異なる屈折率を有するファラデー結晶が充填されており、前記複数の第 2 のホールは、互いに平行に一定の間隔で分布しており、前記第 1 のホールの方向と前記第 2 のホールの方向は、 45° の角度をなすことを特徴とする光デバイス。

【請求項 7】 光軸に対して垂直に光ファイバーのコアをほぼ貫通するような複数のホールを有する第 1 の光ファイバーと、

光軸に対して垂直に光ファイバーのほぼコアを貫通するような複数のホールを有する第 2 の光ファイバーと、

前記第 1 の光ファイバーと前記第 2 の光ファイバーとの間に配置されたファラデー素子と、

前記第 1 の光ファイバーの光軸と前記ファラデー素子の光軸と前記第 2 の光ファイバーの光軸とを機構的に調整するガイドとを備え、

前記第 1 の光ファイバーのホールは、互いに平行にある一定の間隔で分布しており、前記第 2 の光ファイバーのホールは、互いに平行にある一定の間隔で分布しており、前記第 1 の光ファイバーのホールの方向と前記第 2 の光ファイバーのホールの方向は、 45° の角度をなすことを特徴とする光デバイス。

【請求項 8】 光ファイバーのある一定の区間において、光ファイバーの光軸に対して垂直に光ファイバーのコアをほぼ貫通するような複数のホールを有する第 1 の機能部と、

光ファイバーの光軸に対して垂直に光ファイバーのコアをほぼ貫通するような複数のホールを有する第 2 の機能部とを備え、

前記第 1 の機能部の複数のホールは、互いに平行に一定の間隔で分布しており、前記第 1 の機能部のホールには、ポッケルス結晶が充填されており、前記複数の第 2 のホールは、互いに平行に一定の間隔で分布しており、前記第 1 の機能部のホールの方向と前記第 2 の機能部のホールの方向は、垂直または平行であることを特徴とする光デバイス。

【請求項 9】 前記第 1 の機能部に電界を印加する平行電極と、

光ファイバーの光軸に対して垂直に光ファイバーのほぼコアを貫通するような複数のホールを有する第 3 の機能部とを備え、

前記第 3 の機能部の複数のホールは、互いに平行に一定の間隔で分布しており、前記第 1 の機能部のホールの方向と前記第 3 の機能部のホールの方向は、垂直または平行であることを特徴とする請求項 8 記載の光デバイス。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信に使用される光ファイバーの波長や偏波の分散補償器や、光アイソレーターや、光変調器などの光デバイスに関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

図 8 は、従来の光デバイスである光アイソレーターの構造を示す概略図である。第 1 の光ファイバー 1 0 1 と第 2 の光ファイバー 1 0 2 間の光学系を結合する第 1 のレンズ 1 0 3 と第 2 のレンズ 1 0 4 の間に、偏光子 1 0 5 と、ファラデー素子 1 0 6 と、検光子 1 0 7 とが設けられ、さらにファラデー素子 1 0 6 を飽和させるのに十分な磁界 1 0 8 が存在する。偏光子 1 0 5 と検光子 1 0 7 は互いに 45° の角度をなしている。ファラデー結晶 1 0 6 としては、ガーネット結晶などを使用する。

【 0 0 0 3 】

次に、光アイソレーターの原理について説明する。この光アイソレーターにおいて、第 1 の光ファイバー 1 0 1 から発した無偏波光は、第 1 のレンズ 1 0 3 で結合された偏光子 1 0 5 で直線偏光に変換され、ファラデー素子 1 0 6 で直線偏光は偏波面が 45° 回転し、検光子 1 0 7 で、 45° 回転した直線偏光はすべて第 2 のレンズ 1 0 4 を介して第 2 の光ファイバー 1 0 2 に結合される。一方、第 2 の光ファイバー 1 0 2 からの戻り光は、第 2 のレンズ 1 0 4 を介して検光子 1 0 7 に結合されて直線偏光に変換され、ファラデー素子 1 0 6 で 45° 回転し、偏光子 1 0 5 では直線偏光の偏波面は偏光子 1 0 5 の偏光方向と直交するので第 1 のレンズ 1 0 3 を介して第 1 の光ファイバー 1 0 1 に結合される戻り光は無い。

【 0 0 0 4 】

また、従来の光変調器の場合、機能的には偏光子と $\lambda/4$ 板とポッケルス素子と検光子とで構成され、偏光子で得られた直線偏光は $\lambda/4$ 板で円偏光になり、ポッケルス素子において印加電界に応じて円偏光が、検光子で円偏光の楕円化に応じて光量に変化する。この場合も、光ファイバー間の光学系の結合に少なくとも

も 2 個のレンズを必要とする。

【 0 0 0 5 】

また、従来の分散補償器の場合、光ファイバー間に設けられており、光ファイバー間の光学系の結合に少なくとも 2 つのレンズを用いている。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

従来の光デバイスの構成では、光ファイバー間の光学系の結合に少なくとも 2 個のレンズが必要であり、偏光子 1 0 5 および検光子 1 0 7 など部品点数も多いので、高コストであるという問題がある。

【 0 0 0 7 】

本発明は、従来の光アイソレーターなどの光デバイスの上記問題を解決するためになされたものであり、部品点数の少ない低コストの光デバイスを提供することを目的とする。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の請求項 1 記載の光デバイスは、光ファイバーのある一定の区間において、光軸に対して垂直に光ファイバーのコアをほぼ貫通するような複数の柱状の物質を有する機能部を備え、前記複数の柱状の物質は、光ファイバーのコアの屈折率と異なる屈折率を有し、互いに平行にある一定の間隔で分布していることを特徴とするものである。

【 0 0 0 9 】

本発明の請求項 2 記載の光デバイスは、本発明の請求項 1 記載の光デバイスにおいて、前記柱状の物質は、光ファイバーのコアだけでなくクラッドも貫通していることを特徴とするものである。

【 0 0 1 0 】

本発明の請求項 3 記載の光デバイスは、光ファイバーのある一定の区間において、光ファイバーの光軸に対して垂直に光ファイバーのコアをほぼ貫通するような複数のホールを有する機能部を備え、前記複数のホールは、互いに平行にある一定の間隔で分布していることを特徴とするものである。

【 0 0 1 1 】

本発明の請求項 4 記載の光デバイスは、本発明の請求項 3 記載の光デバイスにおいて、前記複数のホールは、光ファイバーのコアだけでなくクラッドも貫通していることを特徴とするものである。

【 0 0 1 2 】

本発明の請求項 5 記載の光デバイスは、本発明の請求項 3 または 4 記載の光デバイスにおいて、前記複数のホールに、前記光ファイバーのコアの屈折率と異なる屈折率を有する物質が充填されていることを特徴とするものである。

【 0 0 1 3 】

本発明の請求項 6 記載の光デバイスは、光ファイバーのある一定区間において、光ファイバーの光軸に対して垂直に光ファイバーのコアをほぼ貫通するような複数の第 1 のホールを有する第 1 の機能部と、光ファイバーの光軸に対して垂直に光ファイバーのコアをほぼ貫通するような複数の第 2 のホールを有する第 2 の機能部とを備え、前記複数の第 1 のホールは、互いに平行に一定の間隔で分布しており、前記第 1 のホールには、光ファイバーのコアと異なる屈折率を有するファラデー結晶が充填されており、前記複数の第 2 のホールは、互いに平行に一定の間隔で分布しており、前記第 1 のホールの方向と前記第 2 のホールの方向は、 45° の角度をなすことを特徴とするものである。

【 0 0 1 4 】

本発明の請求項 7 記載の光デバイスは、光軸に対して垂直に光ファイバーのコアをほぼ貫通するような複数のホールを有する第 1 の光ファイバーと、光軸に対して垂直に光ファイバーのほぼコアを貫通するような複数のホールを有する第 2 の光ファイバーと、前記第 1 の光ファイバーと前記第 2 の光ファイバーとの間に配置されたファラデー素子と、前記第 1 の光ファイバーの光軸と前記ファラデー素子の光軸と前記第 2 の光ファイバーの光軸とを機構的に調整するガイドとを備え、前記第 1 の光ファイバーのホールは、互いに平行にある一定の間隔で分布しており、前記第 2 の光ファイバーのホールは、互いに平行にある一定の間隔で分布しており、前記第 1 の光ファイバーのホールの方向と前記第 2 の光ファイバーのホールの方向は、 45° の角度をなすことを特徴とするものである。

【 0 0 1 5 】

本発明の請求項 8 記載の光デバイスは、光ファイバーのある一定の区間において、光ファイバーの光軸に対して垂直に光ファイバーのコアをほぼ貫通するような複数のホールを有する第 1 の機能部と、光ファイバーの光軸に対して垂直に光ファイバーのコアをほぼ貫通するような複数のホールを有する第 2 の機能部とを備え、前記第 1 の機能部の複数のホールは、互いに平行に一定の間隔で分布しており、前記第 1 の機能部のホールには、ポッケルス結晶が充填されており、前記複数の第 2 のホールは、互いに平行に一定の間隔で分布しており、前記第 1 の機能部のホールの方向と前記第 2 の機能部のホールの方向は、垂直または平行であることを特徴とするものである。

【 0 0 1 6 】

本発明の請求項 9 記載の光デバイスは、本発明の請求項 8 記載の光デバイスにおいて、前記第 1 の機能部に電界を印加する平行電極と、光ファイバーの光軸に対して垂直に光ファイバーのほぼコアを貫通するような複数のホールを有する第 3 の機能部とを備え、前記第 3 の機能部の複数のホールは、互いに平行に一定の間隔で分布しており、前記第 1 の機能部のホールの方向と前記第 3 の機能部のホールの方向は、垂直または平行であることを特徴とするものである。

【 0 0 1 7 】

【発明の実施の形態】

(実施の形態 1)

以下、本発明の実施の形態 1 について図面を参照して説明する。

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る光デバイスの構成概要図を示す。図 1 は、光デバイスのある一定区間だけ取り出した図であり、光ファイバー 1 を図 2 の矢印 1 2 の方向から透視的に見た図である。

図 2 は、図 1 の光デバイスの断面図である。図 2 (a) は、図 1 の線 1 0 - 1 0 に沿った断面図であり、図 2 (b) は、図 1 の線 1 1 - 1 1 に沿った断面図である。

【 0 0 1 8 】

図 1 に示すように、本光デバイスは、コア 3 とクラッド 4 とを有する光ファイ

バー 1 と、第 1 の機能部 7 と第 2 の機能部 8 とで構成される。第 1 の機能部 7 は、光軸 2 に対して垂直に光ファイバーのコア 3 とクラッド 4 とを貫通するように、互いに平行な複数の円柱状のホールを有する。円柱状のホールは一定の間隔で分布している。この円柱状のホールは、例えばゾルゲル法によって、コア 3 の屈折率と異なる屈折率を有するファラデー結晶が充填され、ファラデー結晶置換円柱 5 を構成している。また、第 2 の機能部 8 は、光軸 2 に対して垂直かつ第 1 の機能部 7 のファラデー結晶置換円柱 5 の方向に対して 45° の方向に、光ファイバー 1 のコア 3 とクラッド 4 とを貫通するように、互いに平行な複数の円柱状のホール 6 で構成される。この円柱状のホール 6 も、一定の間隔で分布しており、光ファイバーのコア 3 の屈折率と異なる屈折率を有する。ファラデー結晶は、例えばガーネット結晶である。第 1 の機能部 7 のファラデー結晶置換円柱 5 の方向と、第 2 の機能部 8 の円柱状のホール 6 とが、 45° の角度をなすことについては、図 2 に示されている。なお、ここで、光の偏光面のファラデー回転を飽和させるのに十分な強度の磁界 9 が、光ファイバーの光軸 2 に対して平行に存在するものとする。

【 0 0 1 9 】

次に、第 1 の機能部 7 と第 2 の機能部 8 についてさらに詳細に説明する。光ファイバーのコア 3 の屈折率と異なる屈折率の円柱の形成方法として、光ファイバーの光軸 2 に対して垂直方向にドリルやレーザやエッチングによってホールを形成する。このエッチングは、例えば陽極酸化アルミナをマスクとしたドライエッチングによって行われる。この円柱状のホールには、空気が満たされていてもよいし、任意の屈折率を有する材料が例えばゾルゲル法によって充填されてもよい。この充填される材料がファラデー結晶や液晶等の機能材料であれば、機能部は、偏光子の機能とファラデー素子の機能とを同時に持つことができる。この実施の形態 1 においては、図 1 に示されているように、第 1 の機能部 7 は、ホールにファラデー結晶がゾルゲル法で充填されたファラデー結晶置換円柱 5 で構成され、偏光子とファラデー素子の機能を同時に持つ。さらに、第 2 の機能部 8 は、ホール 6 の分布のみで偏光子（検光子）の機能を持たせるように、ホール 6 の外径とホール 6 の分布状態を予め計算し、第 1 の機能部 7 のファラデー結晶置換円柱

5 の方向と 45° の角度をなす方向に形成されたホール 6 を有する。

【 0 0 2 0 】

次に、ホールの分布状態について説明する。図 3 は、光ファイバーのコアに円柱状のホールを正方分布させた場合のフォトリックバンドを示す図を示す。横軸のブリルアンゾーン内の波数ベクトルは光ファイバー中の光の伝搬方向に対応し、縦軸の規格周波数は光源波長に対応している。図 3 の例において、TM モード禁止帯の光源波長ではいかなる TM モードも存在できず、TE モードのみが存在する。したがって、光ファイバーは偏光子としても作用する。ただし、TE モードについては、TM モード禁止帯内にある点線部分の伝搬方向のみで、光ファイバーは、偏光子として作用する。したがって、偏光子となる伝搬方向を光ファイバー 1 の光軸 2 に一致させるように円柱状のホールを分布させれば、光ファイバー 1 は、光軸近傍を伝搬するモードに対しても偏光子として作用する。

【 0 0 2 1 】

なお、図 3 に示すフォトリックバンドは、円柱状ホール部分の屈折率および外径と円柱状ホールの分布で変化するので、条件次第で全ての伝搬方向に対して偏光子として機能させることができる。

【 0 0 2 2 】

このように、光ファイバーの光軸 2 に対して垂直方向にコア 3 の屈折率と異なる屈折率を有する互いに平行な複数の円柱状のホールを一定の間隔で形成すると、光ファイバーの光導波機能以外に、光源波長について、円柱状のホールの屈折率および外径と、円柱状のホールの分布とを制御することにより、2 種類の直線偏光 (TM、TE) の分散特性に相違が生じ偏光子や $\lambda/4$ 板等の機能を有することが可能となる。

【 0 0 2 3 】

また、図 4 は、本発明の実施の形態 1 に係る光デバイスの別の構成概要図を示す。上記の説明は、円柱状のホールはクラッド 4 を含めて貫通させる例であるが、図 4 に示すようにコア 3 部分のみにホールを形成するだけでもよい。実際に光は、光ファイバー 1 内部のコア 3 のみを透過するから、円柱状のホールがクラッド 4 を含めて貫通していても、コア 3 のみであっても、光ファイバー 1 内部を透

過する光が受ける影響はほとんど変わらない。なお、ホール形状は、実施の形態 1 では、円柱であるとして説明したが、円柱に限定されず、他の形状であってもよい。

【 0 0 2 4 】

上記に記載されているように、光ファイバーを加工するだけで、偏光子とファラデー素子と検光子を形成して光アイソレータとして作用するので、レンズで光アイソレータの導波路に結合する作業が無くなると同時に部分点数の低減もでき、大幅なコストダウンが図れる。

【 0 0 2 5 】

(実施の形態 2)

以下、本発明の実施の形態 2 について図面を参照して説明する。

図 5 は、本発明の実施の形態 2 に係る光デバイスの構成概要図を示す。図 5 は、光デバイスのある一定区間だけ取り出した図であり、光ファイバー 1 を図 6 の矢印 3 2 の方向から透視的に見た図である。

図 6 は、図 5 の光デバイスの断面図である。図 6 (a) は、図 5 の線 3 0 - 3 0 に沿った断面図であり、図 6 (b) は、図 5 の線 3 1 - 3 1 に沿った断面図である。

【 0 0 2 6 】

図 5 に示すように、本デバイスは、コア 4 5 とクラッド 4 6 とを有しかつ光を入射する入射側光ファイバー 4 1 と、コアとクラッド 4 6 とを有しかつ光を出射する出射側光ファイバー 4 2 と、入射側光ファイバー 4 1 と出射側光ファイバー 4 2 との間にあり、かつ光の偏光面を回転させるファラデー素子 4 7 と、入射側光ファイバー 4 1 の光軸とファラデー素子 4 7 の光軸と出射側光ファイバー 4 2 の光軸とを機構的に調整するガイド 4 8 とで構成される。ファラデー素子 4 7 は、例えばガーネット結晶である。

【 0 0 2 7 】

入射側光ファイバー 4 1 は、光軸 4 9 に対して垂直にコア 4 5 とクラッド 4 6 とを貫通するように、互いに平行な複数の円柱状の第 1 のホール 4 3 を有する。第 1 のホール 4 3 は一定の間隔で分布しており、光ファイバーのコア 4 5 の屈折

率と異なる屈折率を有する。同様に、出射側光ファイバー 4 2 は、光軸 4 9 に対して垂直にコア 4 5 とクラッド 4 6 とを貫通するように、互いに平行な複数の円柱状の第 2 のホール 4 4 を有する。第 2 のホール 4 4 も一定の間隔で分布しており、光ファイバーのコア 4 5 の屈折率と異なる屈折率を有する。ここで、第 1 のホール 4 3 と第 2 のホール 4 4 については、実施の形態 1 において説明されているように、複数の第 1 のホール 4 3 と、複数の第 2 のホール 4 4 がそれぞれ偏光子として作用するように分布している。また、第 1 のホール 4 3 の方向と、第 2 のホールの方向は、図 6 に示されているように、 45° 異なる方向である。なお、ここで、光の偏光面のファラデー回転を飽和させるのに十分な強度の磁界 4 0 が、光ファイバーの光軸 4 9 に対して平行に存在するものとする。

【 0 0 2 8 】

また、ホールの形成方法については、実施の形態 1 と同様であり、光ファイバーの光軸 4 9 に対して垂直方向にドリルやレーザやエッチングによってホールを形成する。

【 0 0 2 9 】

なお、実施の形態 2 では、入射側光ファイバー 4 1 と出射側光ファイバー 4 2 が光軸 4 9 周りに自由に回転できるので、入射側光ファイバー 4 1 の第 1 のホール 4 3 と出射側光ファイバー 4 2 の第 2 のホール 4 4 は、それぞれのホールを形成した後、ガイド 4 8 で光軸調整する時に相対的に 45° の角度をなすように調整されてもよい。また、上記の説明は、円柱状のホールはクラッド 4 6 を含めて貫通させる例であるが、コア 4 5 部分のみにホールを形成するだけでもよい。また、第 1 のホール 4 3 または第 2 のホール 4 4 に光ファイバーのコア 4 5 の屈折率と異なる屈折率を有するファラデー結晶等の物質が充填されてもよい。なお、ホールの形状は、実施の形態 2 では、円柱であるとして説明したが、円柱に限定されず、他の形状であってもよい。

【 0 0 3 0 】

上記に記載されているように、光ファイバーの加工だけで、偏光子と検光子を形成することができ、偏光子と検光子として作用する光ファイバーにファラデー素子を組み合わせることによって、光アイソレータを構成することができる。レ

ンズで光アイソレータの導波路に結合する作業が無くなると同時に部品点数の低減もでき、大幅なコストダウンが図れる。

【 0 0 3 1 】

（実施の形態 3）

以下に、本発明の実施の形態 3 について図面を参照して説明する。

図 7 は、本発明の実施の形態 3 に係る光デバイスの構成概要図を示す。図 7 は、光デバイスのある一定区間だけ取り出した図であり、光ファイバー 5 1 を側面方向から透視的に見た図である。図 7 に示すように、本光デバイスは、コア 5 3 とクラッド 5 4 とを有する光ファイバー 5 1 と、第 1 の機能部 5 7 と、第 2 の機能部 5 8 と、光ファイバーの光軸 5 2 に対して垂直方向に電界を発生させる電極 5 9 と、電極 5 9 に電圧を印加する信号源 5 0 とで構成される。

【 0 0 3 2 】

第 1 の機能部 5 7 は、光軸 5 2 に対して垂直に光ファイバーのコア 5 3 とクラッド 5 4 とを貫通するように、互いに平行な複数の円柱状のホールを有する。円柱状のホールは一定の間隔で分布している。この円柱状のホールは、例えばゾルゲル法によって、ポッケルス結晶が充填され、ポッケルス結晶置換円柱 5 5 を構成している。また、第 2 の機能部 5 8 は、光軸 5 2 に対して垂直に光ファイバーのコア 5 3 とクラッド 5 4 とを貫通するように、互いに平行な複数の円柱状のホール 5 6 で構成される。この円柱状のホール 5 6 も、一定の間隔で分布しており、光ファイバーのコア 5 3 の屈折率と異なる屈折率を有する。ホールの形成は、実施の形態 1 と同様に、光ファイバーの光軸 5 2 に対して垂直方向にドリルやレーザーやエッチングによって行われる。第 1 の機能部 5 7 は、偏光子とポッケルス素子の機能を同時に持つように、ポッケルス結晶置換円柱 5 5 が分布している。第 2 の機能部 5 8 は、ホール 5 6 の分布のみで偏光子（検光子）の機能を持たせるように、ホール 5 6 の外径とホール 5 6 の分布状態を予め計算し、第 1 の機能部 5 7 のポッケルス結晶置換円柱 5 5 の方向に対して垂直または平行に形成されたホール 5 6 を有する。ホールの分布については、実施の形態 1 の図 3 において説明されているように分布していればよい。

【 0 0 3 3 】

さらに、ポッケルス結晶置換円柱 5 5 が $\lambda/4$ 板としても作用するように、信号源 5 0 により電極 5 9 に印加される電界の大きさを制御して、ポッケルス結晶置換円柱 5 5 の屈折率を変化させる。さらに、信号源 5 0 は、電極 5 9 に印加する電界を周期的に変化させ、したがって、ポッケルス結晶置換円柱 5 5 の屈折率を変化させ、第 1 の機能部 5 7 を透過する光信号を変化させる。

【 0 0 3 4 】

このように、光ファイバーの加工だけで、偏光子とポッケルス素子と $\lambda/4$ 板と検光子を形成して光変調器として作用するので、レンズで光変調器の導波路に結合する作業が無くなると同時に部品点数の低減もでき、大幅なコストダウンが図れる。

【 0 0 3 5 】

なお、ポッケルス結晶として、 LiNbO_3 結晶、 LiTaO_3 結晶、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 結晶、 KH_2PO_4 結晶などが挙げられる。

【 0 0 3 6 】

上記の説明は、円柱状のホールはクラッド 5 4 を含めて貫通させる例であるが、コア 5 3 部分のみにホールを形成するだけでもよい。なお、ホールの形状は、実施の形態 3 では、円柱であるとして説明したが、円柱に限定されず、他の形状であってもよい。

【 0 0 3 7 】

(実施の形態 4)

以下、本発明の実施の形態 4 について図面を参照して説明する。

図 8 は、本発明の実施の形態 4 に係る光デバイスの構成概要図を示す。図 8 は、光デバイスのある一定区間だけ取り出した図であり、光ファイバー 6 1 を側面方向から透視的に見た図である。図 8 に示すように、本光デバイスは、コア 8 3 とクラッド 8 4 とを有する光ファイバー 6 1 と、第 1 の機能部 6 7 と、第 2 の機能部 6 8 と、第 3 の機能部 6 9 と、光ファイバーの光軸 6 2 に対して垂直方向に電界を発生させる電極 6 3 と、電極 6 3 に電界を印加する信号源 6 0 とで構成される。

【 0 0 3 8 】

第1の機能部67は、光軸62に対して垂直に光ファイバーのコア83とクラッド84とを貫通するように、互いに平行な複数の円柱状のホールを有する。円柱状のホールは一定の間隔で分布している。この円柱状のホールは、例えばゾルゲル法によって、ポッケルス結晶が充填され、ポッケルス結晶置換円柱64を構成している。また、第2の機能部68は、光軸62に対して垂直に光ファイバーのコア83とクラッド84とを貫通するように、互いに平行な複数の円柱状の第1のホール65で構成される。この第1のホール65は、一定の間隔で分布しており、さらに第1の機能部67のポッケルス結晶置換円柱64に対して垂直または平行である。さらに第1のホール65は、光ファイバーのコア83の屈折率と異なる屈折率を有する。また、第3の機能部69は、光軸62に対して垂直に光ファイバーのコア83とクラッド84とを貫通するように、互いに平行な複数の円柱状の第2のホール66で構成される。この第2のホール66は、一定の間隔で分布しており、さらに第1の機能部67のポッケルス結晶置換円柱64に対して垂直または平行である。さらに、第2のホール66は、光ファイバーのコア83の屈折率と異なる屈折率を有する。

【0039】

ホールの形成は、実施の形態1と同様に、光ファイバーの光軸62に対して垂直方向にドリルやレーザやエッチングによって行われる。第1の機能部67は、偏光子とポッケルス素子の機能を同時に持つように、ポッケルス結晶置換円柱64が分布している。第2の機能部68は、第1のホール65の分布のみで $\lambda/4$ 板の機能を持たせるように、第1のホール65の外径と第1のホール65の分布状態を予め計算し、第1の機能部67のポッケルス結晶置換円柱64の方向に対して垂直または平行に形成された第1のホール65を有する。第3の機能部69は、第2のホール66の分布のみで偏光子（検光子）の機能を持たせるように、第2のホール66の外径と第2のホール66の分布状態を予め計算し、第1の機能部67のポッケルス結晶置換円柱64の方向に対して垂直または平行に形成された第2のホール66を有する。これらのホールの分布については、実施の形態1の図3において説明されているように分布していればよい。

【0040】

さらに、ポッケルス結晶は電極 6 3 に印加される電界の大きさにより、屈折率が変化する。それを利用して、信号源 5 0 は、電極 5 9 に印加する電界を周期的に変化させ、したがって、ポッケルス結晶置換円柱 6 4 の屈折率を変化させ、第 1 の機能部 6 7 を透過する光信号を変化させる。

【 0 0 4 1 】

このように、光ファイバーの加工だけで、偏光子とポッケルス素子と $\lambda/4$ 板と検光子を形成して光変調器として作用するので、レンズで光変調器の導波路に結合する作業が無くなると同時に部品点数の低減もでき、大幅なコストダウンが図れる。

【 0 0 4 2 】

なお、ポッケルス結晶として、 LiNbO_3 結晶、 LiTaO_3 結晶、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 結晶、 KH_2PO_4 結晶などが挙げられる。

【 0 0 4 3 】

上記の説明は、円柱状のホールはクラッド 8 4 を含めて貫通させる例であるが、コア部分 8 3 のみにホールを形成するだけでもよい。なお、ホールの形状は、実施の形態 4 では、円柱であるとして説明したが、円柱に限定されず、他の形状であってもよい。

【 0 0 4 4 】

(実施の形態 5)

以下、本発明の実施の形態 5 について図面を参照して説明する。

図 9 は、本発明の実施の形態 5 に係る光デバイス構成概要図を示す。図 9 (a) は、光デバイスの全体を示す図であり、図 9 (b) は、図 9 (a) の機能部 7 8 を拡大し、光ファイバー 7 1 を斜め方向から透視的に見た図である。図 9 (b) に示すように、本光デバイスは、コア 7 5 とクラッド 7 6 とを有する光ファイバー 7 1 と機能部 7 8 とで構成される。機能部 7 8 は、光ファイバーの光軸 7 2 に対して垂直にコア 7 5 とクラッド 7 6 とを貫通するように、互いに平行な複数の円柱状のホール 7 7 を有する。この円柱状のホール 7 7 は、一定の間隔で分布しており、光ファイバーのコア 7 5 の屈折率と異なる屈折率を有する。ホールの形成は、実施の形態 1 と同様であり、光ファイバーの光軸 7 2 に対して垂直にド

リルやレーザやエッチングによってホール 7 7 を形成する。

【0 0 4 5】

このように、光ファイバーの光軸 7 2 に対して垂直方向にコア 7 5 の屈折率と異なる屈折率を有する互いに平行な複数の円柱状のホールを一定の間隔で形成すると、光ファイバーの光導波機能以外に、光源波長について、円柱状のホール 7 7 の屈折率および外径と、円柱状のホール 7 7 の分布とを制御することにより、2 種類の直線偏光 (T M、T E) の分散特性に相違が生じる。進んでいる波長を遅らせ、遅れている波長を進めることのような分散特性を機能部 7 8 に持たせることにより、光源波長の位相速度を速めたり、遅らせたりすることができ、光ファイバー固有の波長分散特性により広がった信号 7 9 も機能部 7 8 を出るときには入射光 7 3 のような急峻なパルス信号に復元することができる。したがって、射出光 7 4 は、入射光 7 3 のような信号となる。

【0 0 4 6】

上記の説明は、円柱状のホール 7 7 はクラッド 7 6 を含めて貫通させる例であるが、コア部分 7 5 のみにホール 7 7 を形成するだけでもよい。さらに、円柱状のホール 7 7 に光ファイバーのコア 7 5 の屈折率と異なる屈折率を有するファラデー結晶等の物質が充填されてもよい。なお、ホールの形状は、実施の形態 5 では、円柱であるとして説明したが、円柱に限定されず、他の形状であってもよい。

【0 0 4 7】

【発明の効果】

以上述べたところから明らかなように、本発明に係る光デバイスは、光ファイバーの加工のみで、従来の光アイソレーター、光変調器、分散補償器等の光デバイスが構成できるので、レンズなどが不要となり、また、偏光子や検光子やファラデー素子などを別の部品として必要としないので部品点数の低減が図れ、低コスト化ができるという効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態 1 に係る光デバイスの構成概要図を示す。

【図 2】 図 1 の光デバイスの断面図である。図 2 (a) は、図 1 の線 1 0

- 1 0 に沿った断面図であり、図 2 (b) は、図 1 の線 1 1 - 1 1 に沿った断面図である。

【図 3】 光ファイバーのコアに円柱状のホールを正方分布させた場合のフォトリックバンドを示す図を示す。

【図 4】 本発明の実施の形態 1 に係る光デバイスの別の構成概要図を示す。

【図 5】 本発明の実施の形態 2 に係る光デバイスの構成概要図を示す。

【図 6】 図 5 の光デバイスの断面図である。図 6 (a) は、図 5 の線 3 0 - 3 0 に沿った断面図であり、図 6 (b) は、図 5 の線 3 1 - 3 1 に沿った断面図である。

【図 7】 本発明の実施の形態 3 に係る光デバイスの構成概要図を示す。

【図 8】 本発明の実施の形態 4 に係る光デバイスの構成概要図を示す。

【図 9】 本発明の実施の形態 5 に係る光デバイス構成概要図を示す。

【図 1 0】 従来の光デバイスである光アイソレーターの構造を示す概略図である。

【符号の説明】

- 1 … 光ファイバー
- 2 … 光軸
- 3 … コア
- 4 … クラッド
- 5 … ファラデー結晶置換円柱
- 6 … ホール
- 7 … 第 1 の機能部
- 8 … 第 2 の機能部
- 9 … 磁界
- 4 0 … 磁界
- 4 1 … 入射側光ファイバー
- 4 2 … 出射側光ファイバー
- 4 3 … 第 1 のホール

4 4 …第 2 のホール
4 5 …コア
4 6 …クラッド
4 7 …ファラデー素子
4 8 …ガイド
4 9 …光軸
5 0 …信号源
5 1 …光ファイバー
5 2 …光軸
5 5 …ポッケルス結晶置換円柱
5 6 …ホール
5 7 …第 1 の機能部
5 8 …第 2 の機能部
5 9 …電極
6 0 …信号源
6 1 …光ファイバー
6 2 …光軸
6 3 …電極
6 4 …ポッケルス結晶充填円柱
6 5 …第 1 のホール
6 6 …第 2 のホール
6 7 …第 1 の機能部
6 8 …第 2 の機能部
6 9 …第 3 の機能部
7 1 …光ファイバー
7 2 …光軸
7 3 …入射光
7 4 …出射光
7 5 …コア

7 6 … クラッド

7 7 … ホール

7 8 … 機能部

8 3 … コア

8 4 … クラッド

1 0 1 … 第 1 の光ファイバー

1 0 2 … 第 2 の光ファイバー

1 0 3 … 第 1 のレンズ

1 0 4 … 第 2 のレンズ

1 0 5 … 偏光子

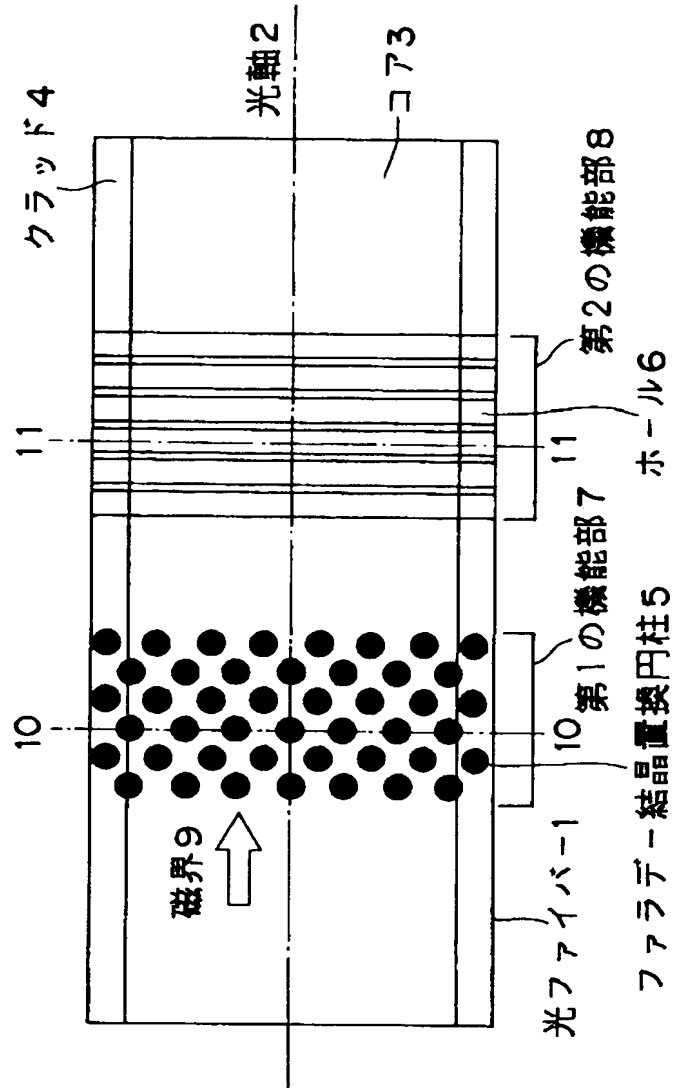
1 0 6 … ファラデー素子

1 0 7 … 検光子

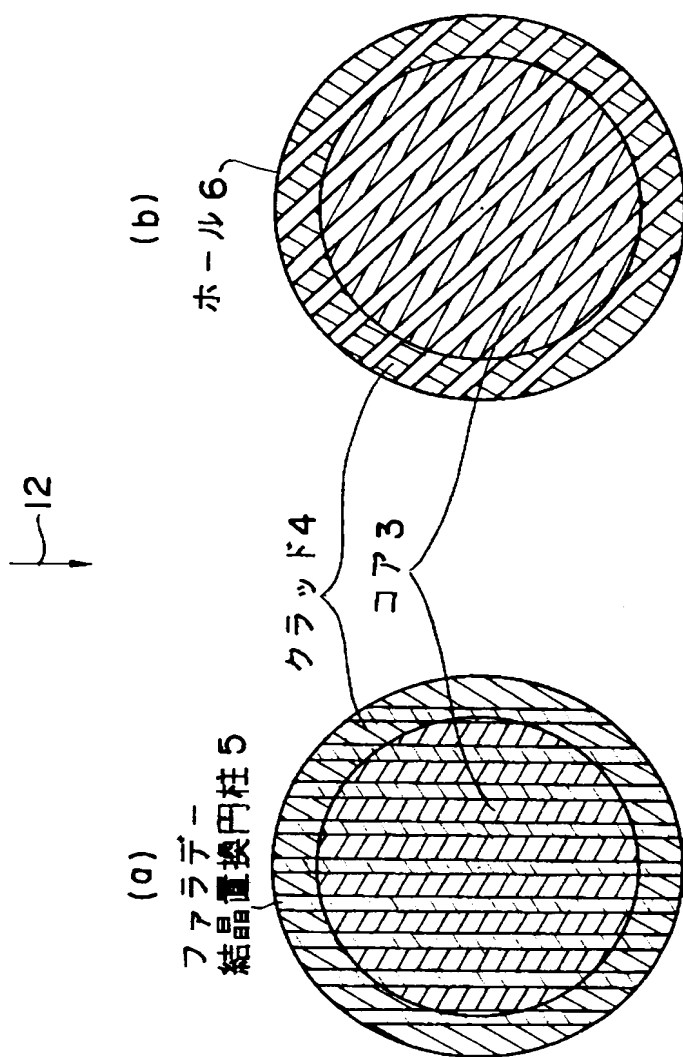
1 0 8 … 磁界

【書類名】 図面

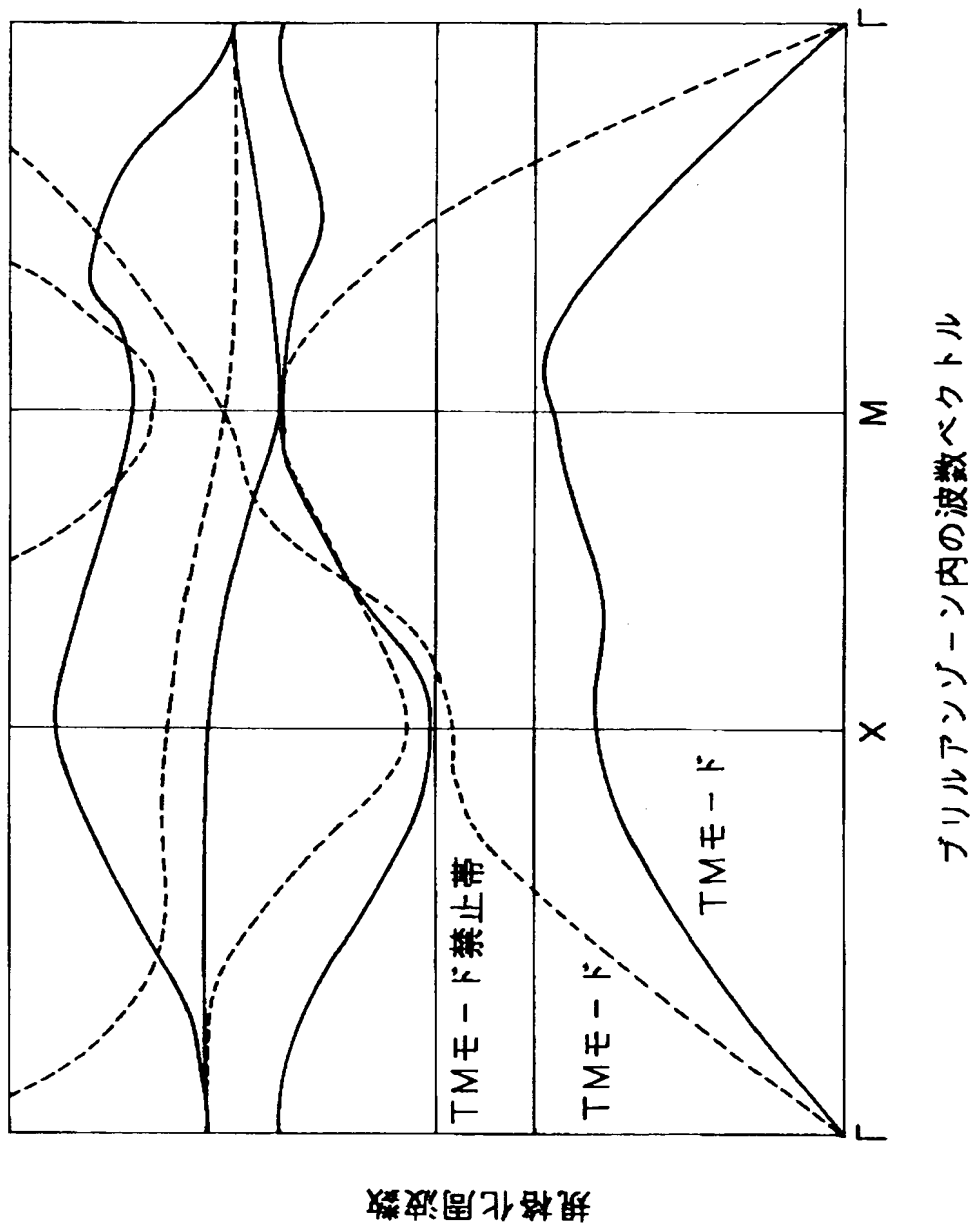
【図 1】



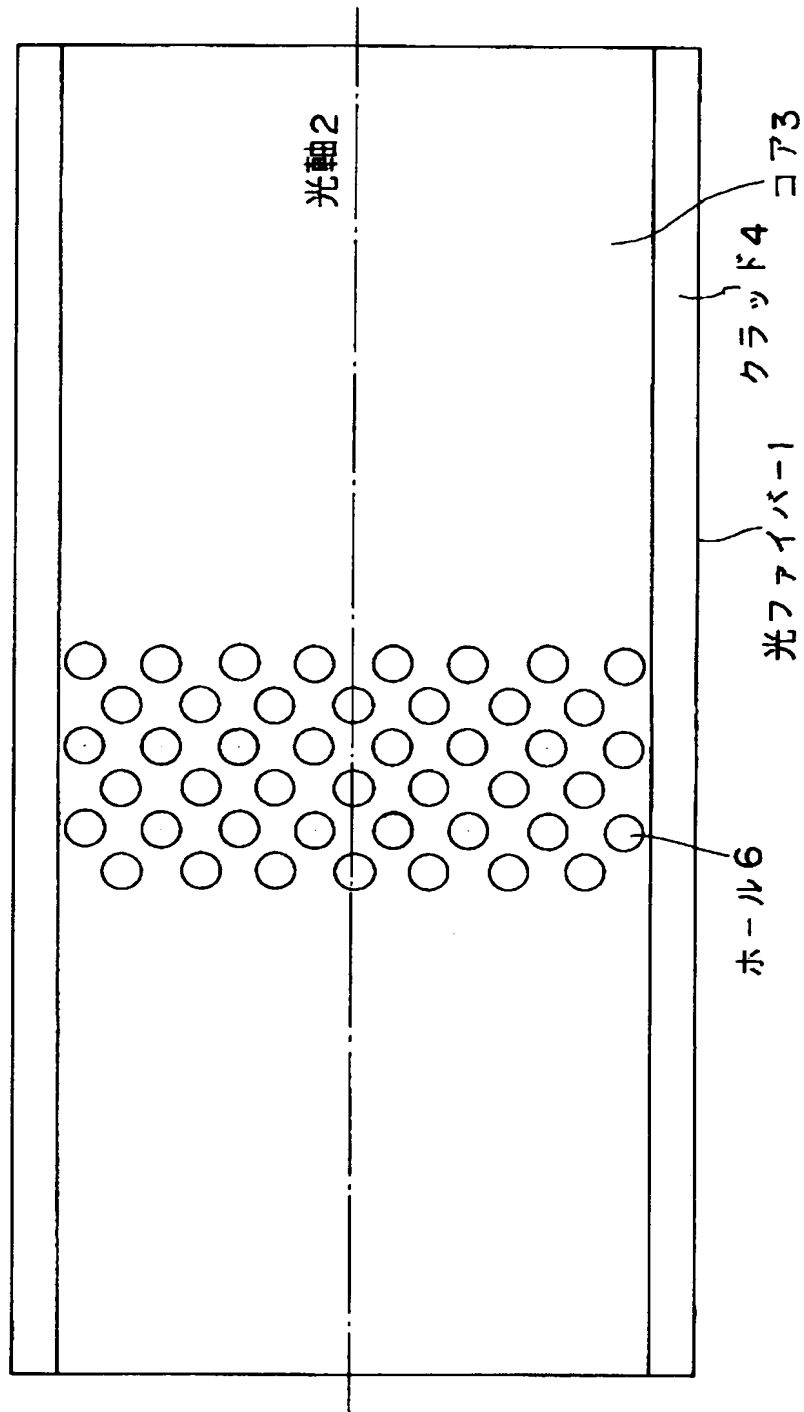
【図 2】



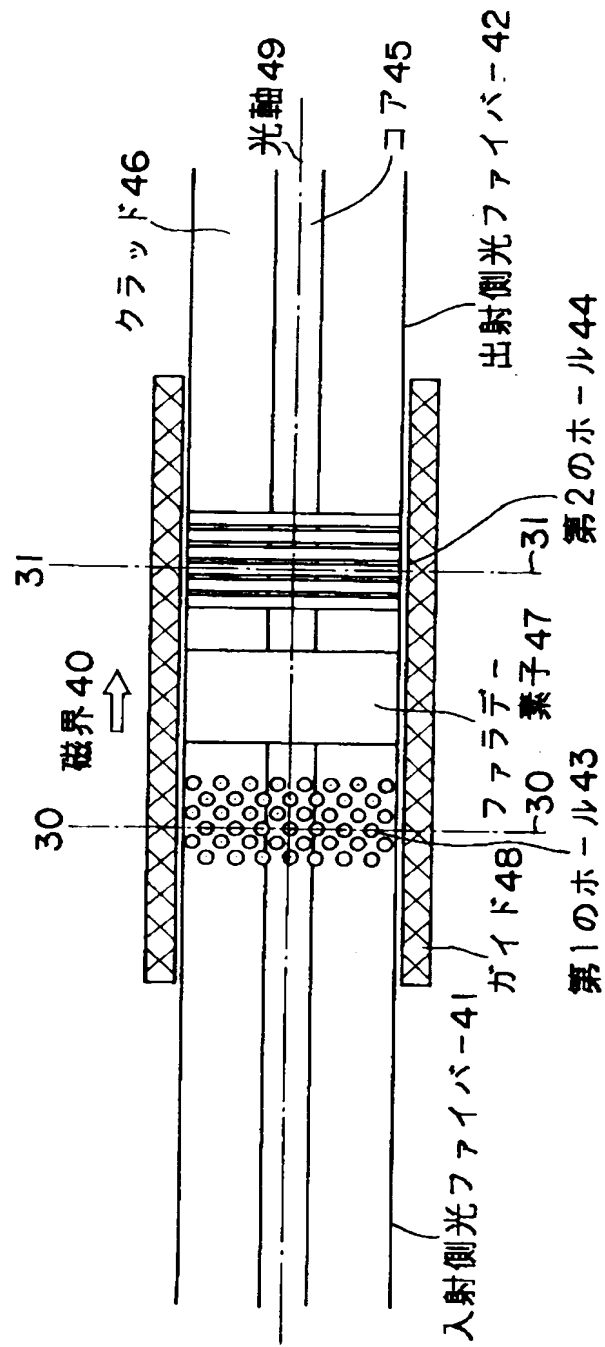
【図 3】



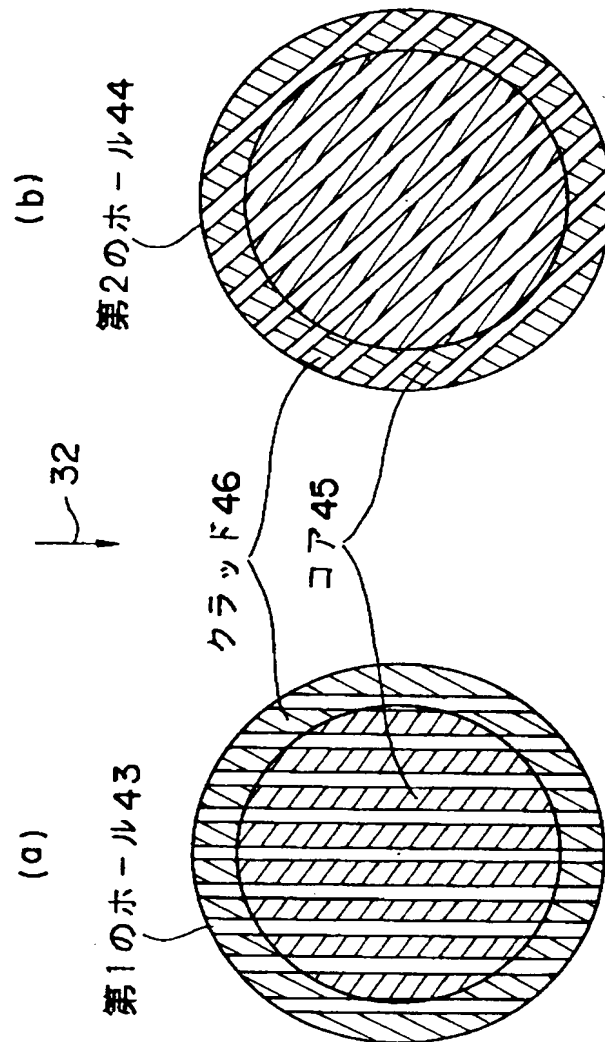
【図4】



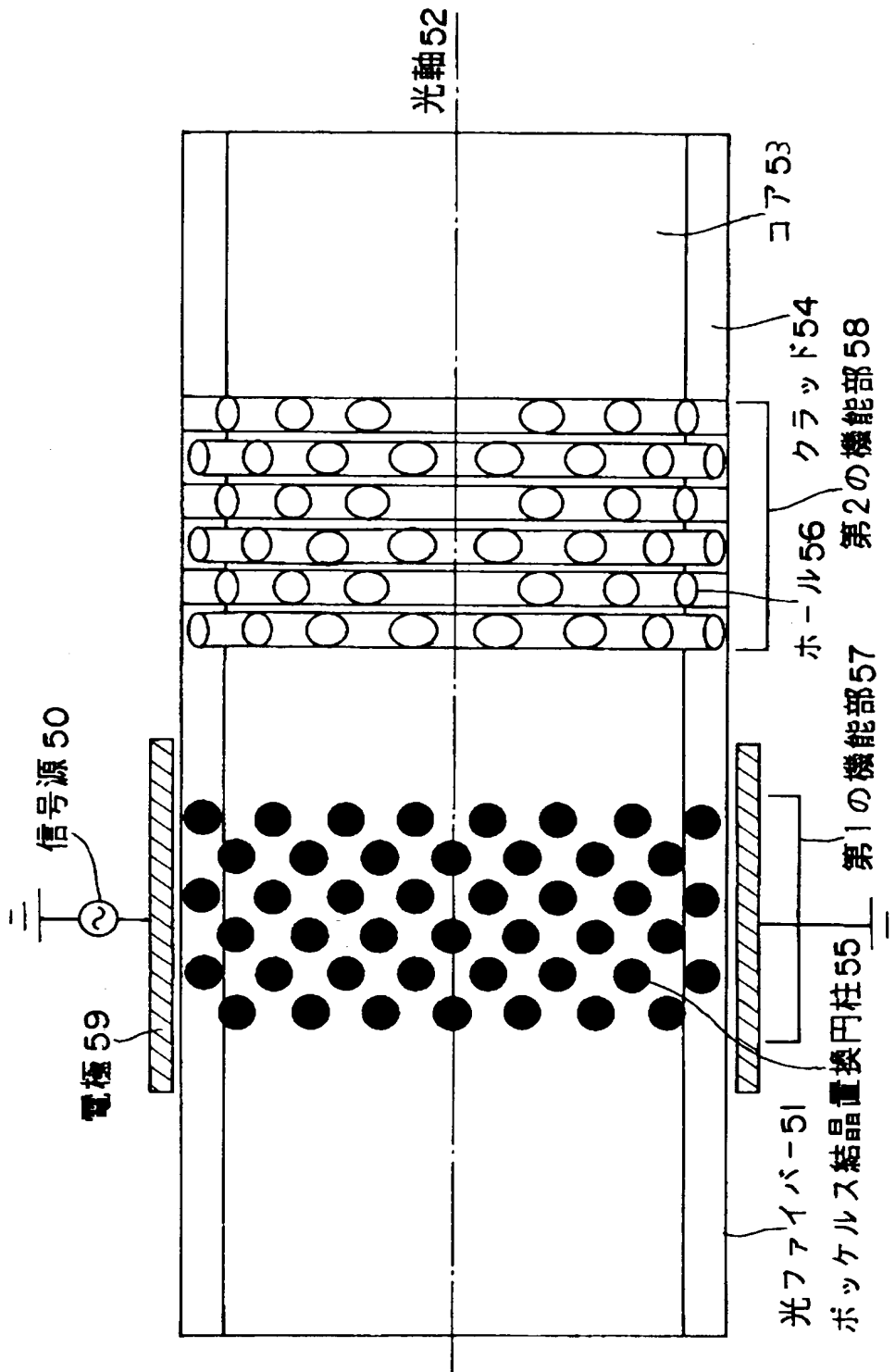
【図 5】



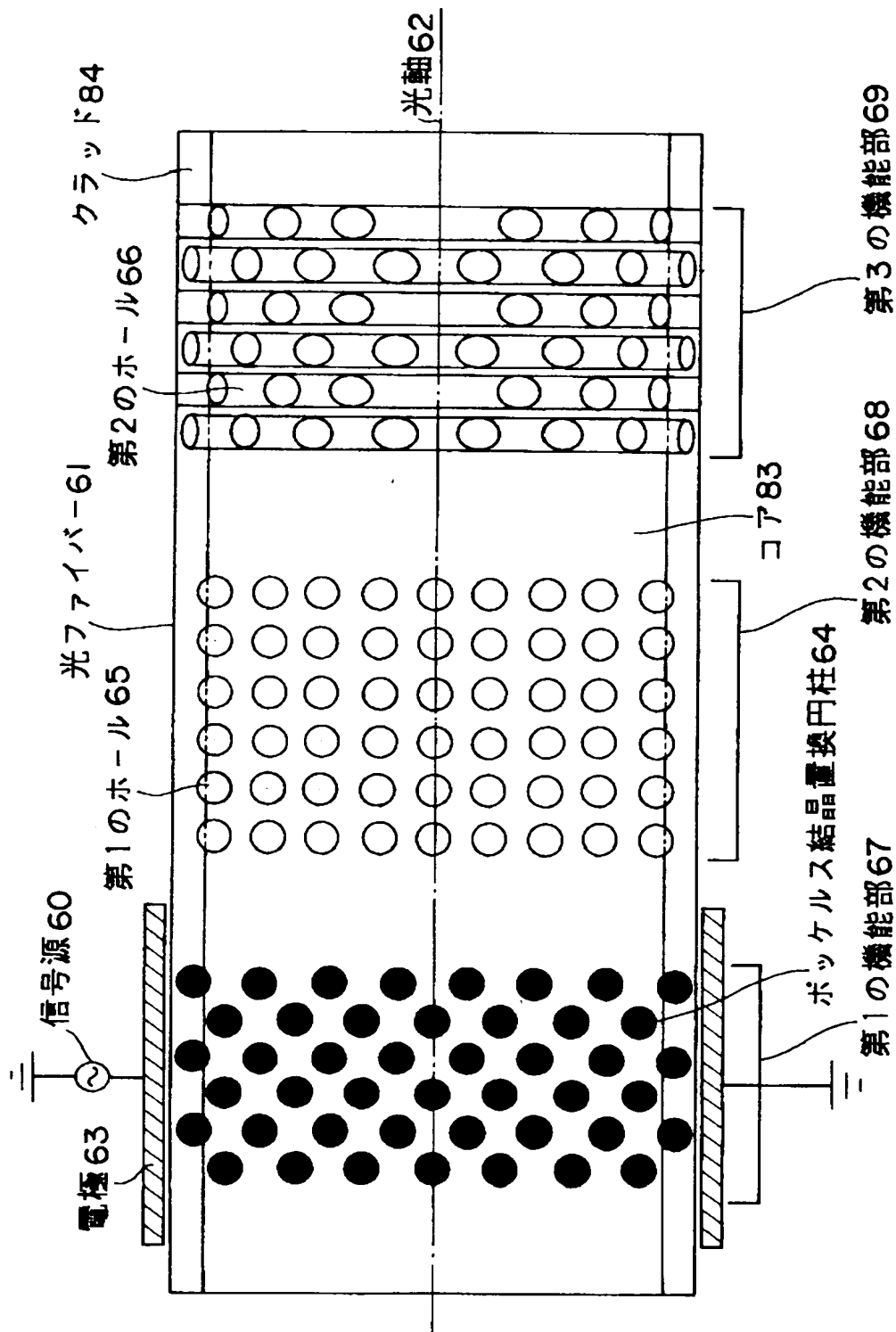
【図 6】



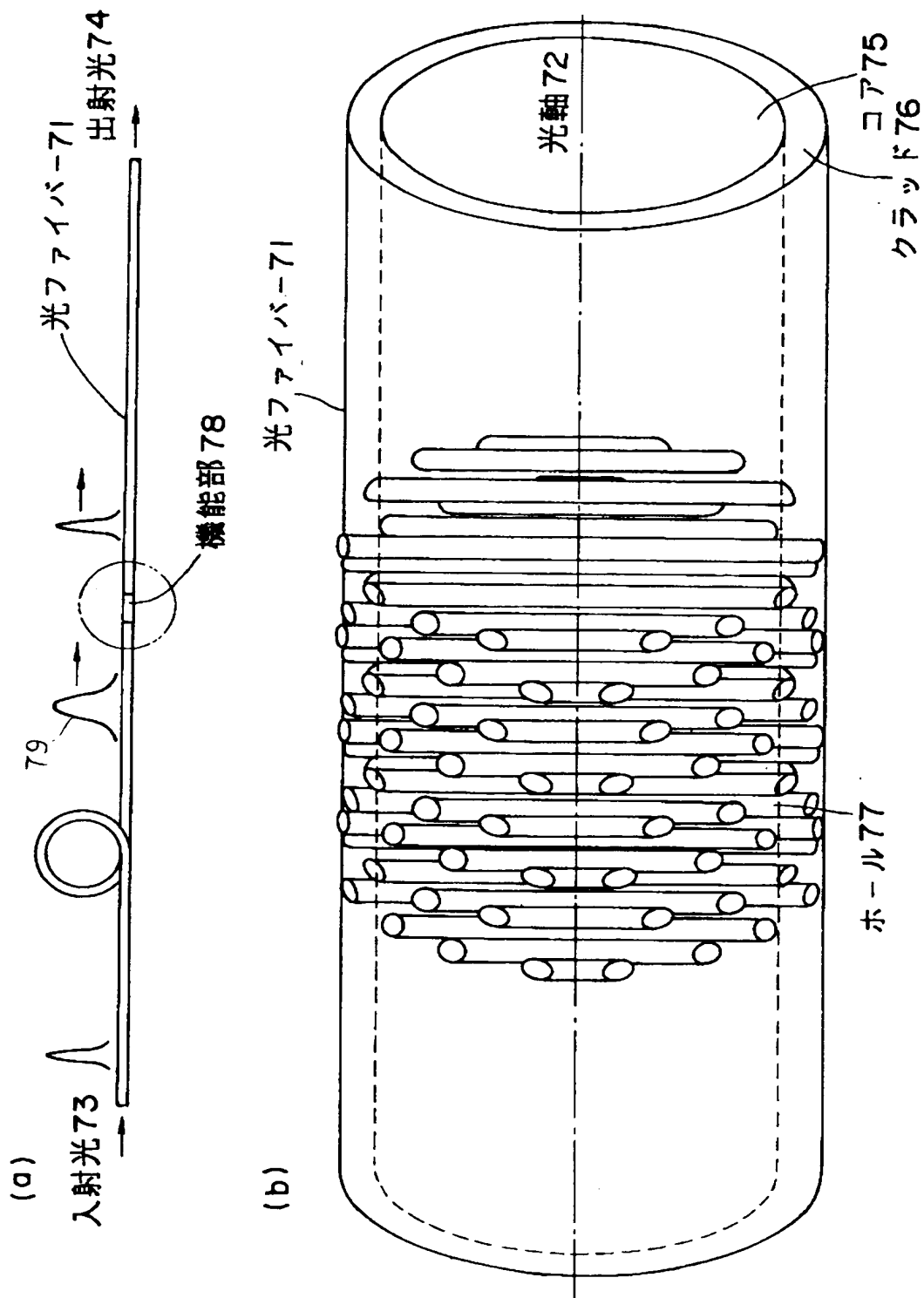
【図 7】



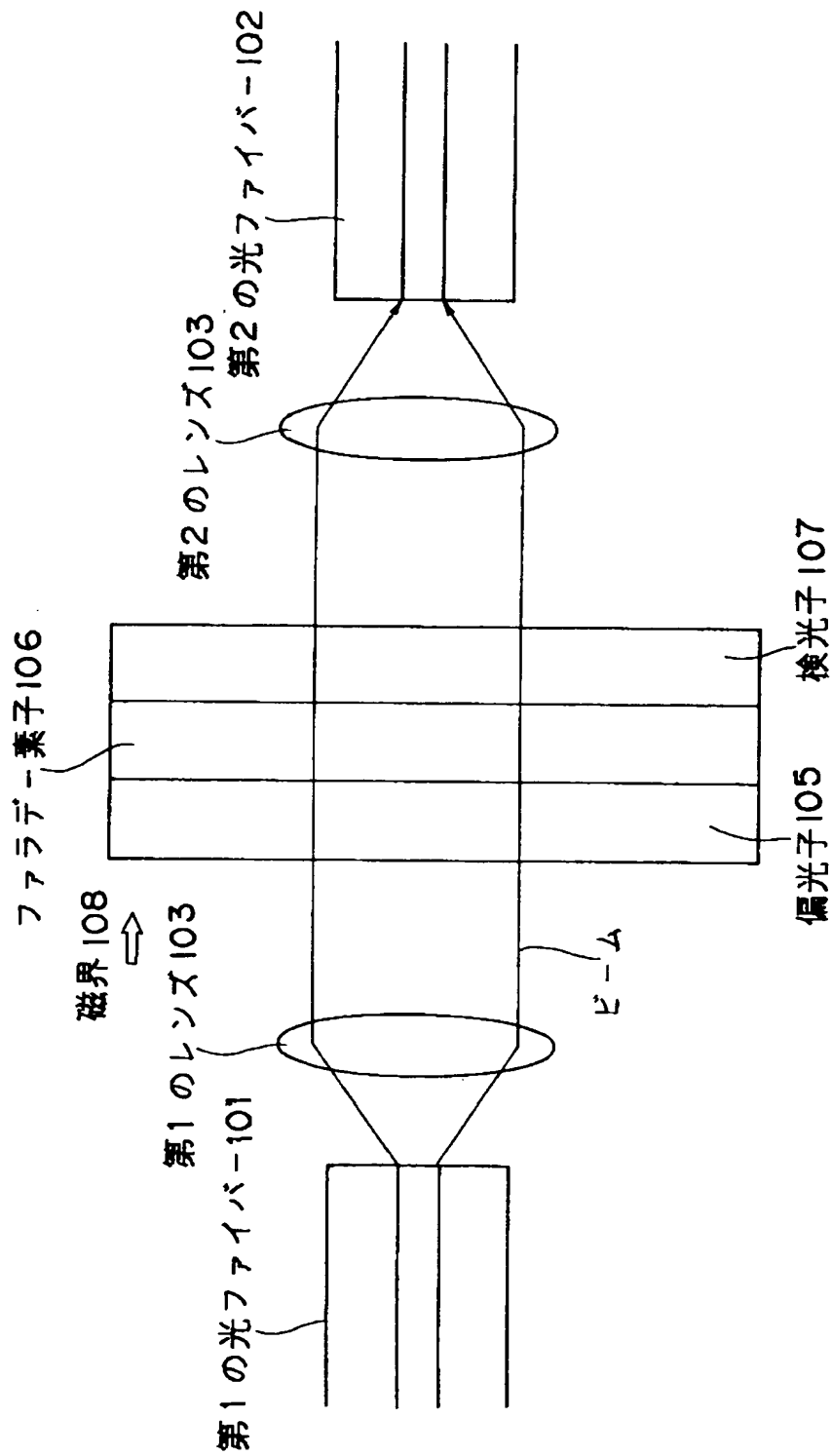
【図 8】



【図9】



【図 1 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光ファイバーの加工のみで実現できる光デバイスを提供する。

【解決手段】 光デバイスは、光ファイバーのある一定区間において、光ファイバーの光軸に対して垂直に光ファイバーのコアをほぼ貫通するような複数の第1のホールを有する第1の機能部と、光ファイバーの光軸に対して垂直に光ファイバーのコアをほぼ貫通するような複数の第2のホールを有する第2の機能部とを備える。前記複数の第1のホールは、互いに平行に一定の間隔をもって分布している。前記第1のホールには、光ファイバーのコアと異なる屈折率を有するファラデー結晶が充填されている。前記複数の第2のホールは、互いに平行に一定の間隔をもって分布している。前記第1のホールの方向と前記第2のホールの方向は、 45° の角度をなす。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名 松下電器産業株式会社